

SEGUNDA PARTE

¿CÓMO CONVERTIR EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS EN UNA ACTIVIDAD APASIONANTE?

Tal como hemos señalado, desarrollaremos en esta segunda parte el *modelo de aprendizaje de las ciencias como investigación orientada en torno a situaciones problemáticas de interés*, cuyas bases hemos establecido en el capítulo 2, como vía de superación de las visiones deformadas y empobrecidas de la ciencia y la tecnología, y como requisito para lograr un mejor aprendizaje y un mayor interés de los estudiantes hacia la ciencia y su estudio.

Dada la importancia que en toda investigación –y, por tanto, también en el modelo de aprendizaje como investigación– tienen sus inicios, dedicaremos un primer capítulo a “cómo empezar” (capítulo 3).

A continuación, abordaremos cómo se integran en dicho modelo, transformadas, las actividades consideradas básicas: las prácticas de laboratorio (capítulo 4), la resolución de problemas de lápiz y papel (capítulo 5) y el aprendizaje de conceptos y teorías (capítulo 6).

Dedicaremos igualmente otro capítulo al trabajo esencial de recapitulación y establecimiento de perspectivas (capítulo 7), evitando así, entre otras concepciones erróneas, la de “tarea acabada” que los textos suelen transmitir al finalizar los sucesivos capítulos.

Por último, dedicaremos un capítulo al análisis crítico de las prácticas evaluativas habituales y a la reorientación de la evaluación como instrumento básico de una educación científica satisfactoria para los estudiantes, los docentes y la sociedad (capítulo 8).

Podría pensarse que entre estos aspectos clave debería haberse incluido un capítulo destinado al papel de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC), en la renovación de la educación científica para el siglo XXI. Conviene, pues, que justifiquemos su ausencia.

Reconocemos, claro está, que la *utilización* de las nuevas tecnologías en la enseñanza está plenamente justificada, puesto que uno de los objetivos básicos de la educación ha de ser la preparación de los adolescentes para ser ciudadanos de una sociedad plural, democrática y tecnológicamente avanzada o, cabría matizar, que aspire a serlo. En ese sentido, por ejemplo, el *International Handbook in Science Education* le dedica toda una sección (McFarlane y Friedler, 1998; Schecker, 1998; Spitulnick et al., 1998).

Son bien conocidas las posibilidades que los ordenadores ofrecen para recabar gran cantidad de informaciones y contrastarlas, para proporcionar rápida retroalimentación, para simular y visualizar situaciones (Lowe, 1996)... o, en otro orden de cosas, para conectar con el interés que los nuevos medios despiertan en los alumnos (Songer, 1998). Merece la pena, pues, resaltar la utilización de los ordenadores como un valioso recurso didáctico. Por otro lado, resulta imprescindible, si pretendemos proporcionar una visión actualizada de la actividad científica, la incorporación de los cambios metodológicos originados por la utilización de los ordenadores (Valdés y Valdés, 1994; Gil-Pérez y Valdés, 1995), en particular como instrumentos de obtención y tratamiento de datos experimentales (Millot, 1996) o de realización de experimentos con modelos matemáticos.

Consideramos necesario, sin embargo, llamar la atención contra visiones simplistas que ven en el uso de las nuevas tecnologías el fundamento de renovaciones radicales de la enseñanza/aprendizaje. La prensa se hace eco, con frecuencia, de la “revolución informática en la enseñanza” o de la “muerte del profesor” (a manos del ordenador) y se contempla la introducción de la informática como una posible solución a los problemas de la enseñanza, como una auténtica tendencia innovadora. A ello contribuye –como ha denunciado McDermott (1990)– una publicidad agresiva cuya atractiva presentación dificulta, a menudo, una apreciación objetiva de las ofertas. Es preciso llamar la atención contra estas expectativas, que terminan generando frustración, lo que ya ha ocurrido en otras ocasiones, puesto que la búsqueda de *la* solución en las “nuevas tecnologías” tiene una larga tradición y ya fue acertadamente criticada por Piaget (1969) en relación a los medios audiovisuales y a las “máquinas de enseñar” utilizadas por la “enseñanza programada”. Vale la pena recordar la argumentación de Piaget que, pensamos, conserva su vigencia:

“Los espíritus sentimentales o pesarosos se han entristecido de que se pueda sustituir a los maestros por máquinas; sin embargo, estas máquinas nos parece que prestan el gran servicio de demostrar sin posible réplica el carácter mecánico de la función del maestro tal como la concibe la enseñanza tradicional: si esta enseñanza no tiene más ideal que hacer repetir correctamente lo que ha sido correctamente expuesto, está claro que la máquina puede cumplir correctamente estas condiciones”.

En el mismo sentido crítico se expresaba Gérard de Selys en su artículo “La escuela, gran mercado del siglo XXI”, que subtitulaba, muy significativamente, “Un sueño enloquecido de tecnócratas e industriales” (De Selys, 1998).

En definitiva, las nuevas tecnologías –cuyo valor instrumental nadie pone en duda– no pueden ser consideradas, como algunos siguen pretendiendo, el fundamento de una tendencia realmente transformadora. Tras esta pretensión se esconde, una vez más, la suposición ingenua de que una transformación efectiva de la enseñanza puede ser algo sencillo, cuestión de alguna receta adecuada, como, en este caso, la “informatización”. La realidad del fracaso escolar, de las actitudes negativas de los alumnos, de la frustración del profesorado, acaban imponiéndose sobre el espejismo de las fórmulas mágicas.

Éstas son, en definitiva, algunas de las razones de que en un libro como éste no se haya dedicado un capítulo especial sobre las TIC, aunque sí aparezcan referencias a la utilidad de las nuevas tecnologías en algunos capítulos, muy en particular en el dedicado a los trabajos prácticos.

De acuerdo con lo que precede, esta parte constará de los siguientes capítulos:

Capítulo 3. ¿Cómo empezar?

Capítulo 4. ¿Cuál es el papel del trabajo experimental en la educación científica?

Capítulo 5. ¿Cómo convertir los problemas de lápiz y papel en auténticos desafíos de interés?

Capítulo 6. ¿Cómo hacer posible un aprendizaje significativo de conceptos y teorías?

Capítulo 7. ¿Qué hacer antes de finalizar?

Capítulo 8. ¿Para qué y cómo evaluar?

Referencias bibliográficas en esta introducción a la segunda parte

DE SELYS, G. (1998). La escuela, gran mercado del siglo XXI, *Le Monde diplomatique*, edición española, número de junio, 28-29.

GIL-PÉREZ, D. y VALDÉS, P. (1995). Un ejemplo de práctica de laboratorio como actividad investigadora. *Alambique*, 6, 93-102.

LOWE, R. (1996). Les nouvelles technologies, voie royale pour améliorer l'apprentissage des sciences par l'image? *ASTER*, 22, 173-194.

McDERMOTT, L. C. (1990). A perspective on teacher preparation in physics - other sciences: the need for special science courses for teachers. *American Journal of Physics*, 58 (8), 734-742.

McFARLANE, A. E. y FRIEDLER, Y. (1998). Where you want it, when you want it: the role of portable computers in science education. En Fraser, B. y Tobin, K. (Eds.), *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer.

MILLOT, M. C. (1996). Place des nouvelles technologies dans l'enseignement de la physique-chimie. *Didaskalia*, 8, 97-109.

PIAGET, J. (1969). *Psicología y Pedagogía*. Barcelona: Ariel.

SCHECKER, H. P. (1998). Integration of experimenting and modelling by advanced educational technology: examples from nuclear physics. En Fraser, B. y Tobin, K. (Eds.), *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer.

SONGER, N. B. (1998). Can technology bring students closer to science? En Fraser, B. y Tobin, K. (Eds.) *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer.

SPITULNIK, M. W., STRATFORD, S., KRAJCIK, J. y SOLOWAY, E. (1998). Using Technology to support students' artefact construction in science. En Fraser, B. y Tobin, K. (Eds.), *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer.

VALDÉS, R. y VALDÉS, P. (1994). Utilización de los ordenadores en la enseñanza de la física. *Revista Española de Física*, 8 (4), 50-52.

Capítulo 3

¿Cómo empezar?

Daniel Gil Pérez y Amparo Vilches

ALGUNAS CUESTIONES QUE SE ABORDAN EN ESTE CAPÍTULO

- ¿Cómo empezar un curso con objeto de crear un clima favorable para la implicación de los estudiantes y romper con la indiferencia y rechazo apriorístico de muchos de ellos?
- ¿Qué compromisos deberíamos adquirir profesores y estudiantes para lograr los mejores resultados del trabajo común?
- ¿Cuáles habrían de ser las características de un centro educativo para que potencie un clima favorecedor del aprendizaje de los alumnos y de su interés por el estudio?
- ¿Qué papel deben jugar las relaciones CTSA desde el mismo inicio del estudio de un tema?

EXPRESIONES CLAVE

Actitudes hacia la ciencia y su aprendizaje; clima de aula y de centro; compromisos para el funcionamiento de la clase; inicio de curso e inicio de un tema; relaciones profesor-alumnos.

INTRODUCCIÓN

Con relación al modelo de aprendizaje como investigación orientada que hemos esbozado en el capítulo anterior y que ahora empezamos a desarrollar, una pregunta como la que da título a este capítulo tiene una doble lectura.

Por una parte, nos remite a cómo iniciar el proceso de investigación de una problemática concreta. Se trata de algo fundamental, sin duda, para conseguir la implicación de los estudiantes en la tarea que van a iniciar. Equivale, en alguna medida, al proceso que conduce a un equipo científico a abordar una cierta problemática. No es posible pasar por alto esta fase compleja, a menudo nebulosa y titubeante, que lleva a los científicos a centrar su interés en una cierta problemática y a precisar problemas concretos susceptibles de ser investigados. También los estudiantes han de vivir esta situación en la que lo fundamental no es construir respuestas, sino *formular preguntas y tomar decisiones* acerca de qué investigar y por qué razones. Dedicaremos una parte de este capítulo a analizar con algún cuidado la transposición didáctica de esta actividad central, imprescindible, del trabajo científico.

Pero “cómo empezar” comporta también la consideración de una cuestión previa. No podemos ignorar, en efecto, que nuestros alumnos no son científicos y que muchos de ellos llegan con prejuicios, fruto de sus experiencias previas y del clima social, en torno a las dificultades del aprendizaje de las ciencias, que se traducen en actitudes de desinterés, cuando no de rechazo.

No podemos esperar, pues, que baste presentarles una nueva orientación del aprendizaje como la que proponemos para que automáticamente se genere una actitud positiva, sin la cual resulta imposible su implicación. Esta implicación exige la creación de un nuevo clima y el establecimiento de otro tipo de relaciones profesor-alumnos y de los alumnos entre sí.

Abordaremos, pues, en primer lugar, lo que supone la creación de este nuevo clima, planteando cómo iniciar un curso cuando se pretende implicar a los estudiantes en un proceso de renovación que devuelva a la educación científica el interés que la propia ciencia tiene como actividad abierta y creativa.

CÓMO EMPEZAR UN CURSO: DISEÑO DE ESTRATEGIAS DESTINADAS A LA CREACIÓN DE UN CLIMA FAVORABLE PARA LA IMPLICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES

Tal como ya hemos señalado, no basta con que los profesores modifiquemos nuestra enseñanza ofreciendo una visión más rica y atractiva (es decir, más ajustada a la realidad) de la actividad científica. Hay que tener en cuenta que muchos estudiantes llegan con prejuicios muy enraizados (y, en general, fundamentados) contra los estudios científicos. Sin algo que ponga en cuestión estos prejuicios, desde el principio, nuestros esfuerzos innovadores pueden estrellarse contra una indiferencia y rechazo apriorísticos que impiden a los alumnos, o al menos dificultan inicialmente, el pleno aprovechamiento de los cambios introducidos y su implicación en este proyecto de renovación de la educación científica.

Es conveniente, pues, atacar directamente ese, muy probablemente, clima inicial y generar expectativas positivas. Ello puede realizarse en cualquier momento, claro está, pero lo lógico es plantearlo desde el mismo inicio del curso, evitando caer en lo que siempre se ha hecho.

Propuesta de trabajo

Analicemos lo que habitualmente hacemos los profesores al iniciar un curso, así como los efectos que ello suele producir, y propongamos alguna estrategia para comenzar a romper con la indiferencia y el rechazo apriorístico de los estudiantes y crear un clima favorable para su implicación.

La reflexión sobre lo que los profesores solemos hacer los primeros días de clase nos permite cuestionar la costumbre de dedicar el primer día, tras una presentación anodina (del tipo “Me llamo... y soy el profesor de...”), a soltar un discurso sobre la importancia de la asignatura, que a menudo resulta repetitivo y tedioso (cada profesor se cree en la obligación de comenzar con este tipo de discurso), así como ineficaz, porque la información proporcionada no responde a preguntas que los alumnos se hayan formulado.

Otras veces, conscientes de la ineficacia de estas introducciones y aduciendo problemas de tiempo, entramos directamente en el temario (no perdamos el tiempo con “tontearías” y vayamos a “lo importante”) y comenzamos a explicar introduciendo bruscamente a los estudiantes en una tarea desconocida y en principio carente de interés para ellos.

Todo lo discutido hasta aquí, sin embargo, permite comprender que “lo importante” es precisamente dedicar el tiempo necesario para crear un clima propicio y lograr que los alumnos se sientan protagonistas de una tarea capaz de interesarles y a la que, por tanto, merece la pena dedicar esfuerzos.

Lo que se puede hacer en esa dirección es, naturalmente, muy diverso. Se puede, por ejemplo, comenzar reconociendo a los alumnos que sabemos que los estudios científicos tienen “mala prensa” entre ellos y que es lógico que así sea porque, como han mostrado numerosos estudios, *estamos enseñando mal*, estamos proporcionando una imagen deformada y empobrecida de las ciencias que difícilmente puede interesar a nadie. Pero que eso puede y debe cambiar, porque el mundo científico es realmente apasionante y resulta absurdo que aparezca como algo de lo que da ganas de huir.

Se puede insistir, pues, en que el rechazo actual de muchos estudiantes hacia la ciencia está, a menudo, fundamentado y constituye una prueba de su capacidad crítica que debe ser valorada y *aprovechada*:

Propuesta de trabajo

Con el fin de implicar a los estudiantes desde el primer momento, en el necesario replanteamiento de la educación científica, se les puede proponer que discutan entre sí, formando pequeños grupos, la siguiente cuestión:

“¿Qué aspectos de la educación científica que habéis recibido hasta el momento encontráis criticables y preferiríais que no continuaran llevándose a cabo? ¿Qué habéis echado en falta en esa enseñanza o a qué os gustaría que se le diera más importancia?”.

¿Qué resultados cabe esperar de tal actividad?

Las respuestas que suelen dar los equipos de estudiantes a las preguntas formuladas permiten sacar a la luz muchos aspectos que responden a características de la enseñanza habitual, que no sólo ellos rechazan (o echan de menos), sino que, como hemos mostrado en el capítulo 2, han sido cuestionados también por la investigación didáctica. Más o menos explícitamente y con mayor o menor precisión, dependiendo de su nivel, se refieren a las clases monótonas, aburridas, al exceso de “teoría” y de “fórmulas” y a la falta de trabajos prácticos, a la desconexión con problemas actuales, con problemas de la vida real, a la falta de participación de los alumnos, al autoritarismo del profesor, a su inaccesibilidad, a la falta de diálogo entre profesor y alumnos, a la forma en que se evalúa, dando excesiva y casi exclusiva importancia a los exámenes, etc.

Tomando como base estas críticas, los profesores podemos referirnos brevemente a las deformaciones de la actividad científica que subyacen a menudo tras los comportamientos criticados y pasar al *establecimiento de compromisos explícitos* que den respuesta a sus críticas y favorezcan la implicación de los alumnos. Podemos para ello plantear a los estudiantes, y *plantearnos nosotros mismos*, la siguiente cuestión:

Propuesta de trabajo

¿Qué propuestas podemos hacer para evitar los aspectos rechazados en la enseñanza de las ciencias? Más concretamente, ¿qué compromisos deberíamos adquirir profesores y estudiantes para lograr los mejores resultados del trabajo común?

La idea de establecer *compromisos explícitos*, tanto para el profesor como para los alumnos, fruto de la negociación y de la búsqueda conjunta del mejor funcionamiento, resulta atractiva para los estudiantes y contribuye a crear un nuevo clima de corresponsabilidad. Se pueden avanzar así acuerdos como, entre otros, los siguientes:

- El compromiso del profesor de **potenciar los aspectos más creativos y relevantes de la actividad científica**, habitualmente ausentes en la educación, como las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA) que enmarcan el desarrollo científico, empezando por la discusión del interés e importancia de los temas que se van a abordar, las aproximaciones cualitativas, la *invención* de hipótesis, la realización de experimentos para someterlas a prueba, el establecimiento de relaciones entre distintos dominios, etc. Será preciso aclarar a este respecto que la consideración de estos aspectos creativos, no sólo no constituye “una pérdida de tiempo” que dificulte el aprendizaje de los conceptos, leyes y teorías, sino que, como han mostrado investigaciones rigurosas, lo favorece notablemente, a la vez que se contribuye a una visión más adecuada de la ciencia y el trabajo científico. Prestaremos, pues, la máxima atención a estos aspectos en el desarrollo mismo del temario del curso. Pero recurriremos también, en la medida de lo posible, a la educación científica no formal, como el uso de la prensa, la visita a museos y centros de trabajo tecnocientífico, etc., respondiendo así al interés manifiesto de muchos estudiantes. En particular, plantearemos también con cierta periodicidad problemas científicos y tecnológicos más puntuales, que puedan asociarse a experiencias sencillas y que son susceptibles de interesar a los estudiantes por sus resultados sorprendentes,

por la posibilidad que les brinda de poner en práctica su inventiva, etc., y permiten aprovechar en el aula algunas de las características más positivas de una educación científica “no formal”, como la elaboración de productos a partir de materiales de fácil acceso y como respuesta a problemas de interés, etc.

- El compromiso del profesor de **potenciar la máxima participación de los estudiantes**, para que éstos sean coprotagonistas del desarrollo de la clase y no queden limitados a actuar de receptores o seguidores de consignas. Y el correspondiente compromiso de los alumnos de participar realmente, conscientes de su responsabilidad en el avance hacia los logros perseguidos. Es preciso dejar claro que esta idea de potenciar la participación de los alumnos no sólo responde a un legítimo deseo de protagonismo de los estudiantes, sino que constituye un requisito para la inmersión en una cultura científica, en la que la dimensión colectiva, es decir, el trabajo en el seno de equipos, el intercambio entre los equipos, la comunicación oral y escrita, etc., constituye una característica esencial *a la que vamos a conceder toda su importancia*, estructurando la clase en equipos (de entre 3 y 5 alumnos) desde el primer momento y potenciando la cooperación y el debate en los equipos, las puestas en común periódicas, las sesiones póster, etc. Una “pequeña” implicación, pero cargada de simbolismo, de este mayor protagonismo de los alumnos, es hacer que la presentación exclusiva del profesor (en general, como ya hemos comentado, absolutamente anodina) deje paso a la presentación de *todos* los protagonistas. Presentaciones significativas, en las que cada cual hable de su “historia”, es decir, de sus intereses y preocupaciones, de las dificultades experimentadas en cursos anteriores, de sus expectativas... Presentaciones meditadas, pensadas para facilitar la cooperación, el trabajo común. A este respecto puede ser útil que el profesor comience presentándose de manera realmente significativa (hablando de sus intereses, preocupaciones, etc.) y solicite a los estudiantes que *escriban* “una breve presentación personal acerca de sus vuestros y preocupaciones, dificultades experimentadas en cursos anteriores... y cualquier otro aspecto que consideréis útil dar a conocer”. Ello resulta de la mayor utilidad, pues facilita un mejor conocimiento mutuo, permite al profesor detectar problemas que merecen una atención particular y contribuye, en definitiva, a la creación del clima distendido y amigable que el trabajo común reclama.
- El compromiso del profesor de trabajar, y de **apoyar el trabajo de los alumnos, para lograr que la inmensa mayoría de ellos disfruten, aprendan y tengan éxito académico**. Y el correspondiente compromiso de los estudiantes de perseverar en la superación de las dificultades, conscientes de que todo aquel que trabaja con regularidad, contando con la ayuda del profesor y de otros compañeros, termina por alcanzar los objetivos marcados. Algo absolutamente factible, como han mostrado numerosas investigaciones que han cuestionado la concepción elitista de que los estudios científicos tan sólo están al alcance de unos pocos. Estos compromisos suponen un replanteamiento radical de la evaluación, que, como veremos en el capítulo 8, ha de dejar de constituir un instrumento para constatar y discriminar, y convertirse en instrumento de seguimiento y regulación del proceso para que el conjunto de los alumnos (¡y el profesor!) alcancen los logros perseguidos. Y también esto se corresponde con una característica básica de la cultura científica y tecnológica que debe ser resaltada.

Esta forma de plantear el inicio de curso permite responder, de una manera funcional, a cuestiones que preocupan legítimamente a los estudiantes: cómo se va a trabajar, en qué consistirá la evaluación, etc., al tiempo que establece un pacto para el buen funcionamiento de la clase. Un pacto y unos compromisos explícitos que deberán ser revisados periódicamente para regular convenientemente dicho proceso. Pero son posibles, por supuesto, otras estrategias. Algunos profesores prefieren no apoyarse en el análisis crítico (que puede, quizás, ser mal interpretado por algunos colegas) y plantean simplemente que la investigación ha mostrado la importancia de tener en cuenta, desde el primer momento, las ideas, preocupaciones, intereses... de los alumnos para lograr un buen funcionamiento de la clase y evitar el creciente desinterés, cuando no rechazo, de muchos estudiantes hacia los estudios científicos. Para ello plantean como primera actividad “¿Qué preguntas os hacéis en este primer día de clase? ¿Cuáles son vuestras principales preocupaciones? ¿Qué sugerencias os gustaría hacer?”, incitándoles a expresar realmente todas sus dudas, temores y deseos (puesto que inicialmente a penas se atreven a ir más allá de alguna pregunta formal del tipo “¿cómo van a ser los exámenes?”). La invitación a que escriban en la pizarra las cuestiones de cada grupo actúa de acicate y de ese modo aparecen cuestiones clave que permiten pasar al establecimiento de *compromisos* como los que hemos mencionado. En definitiva, sea cual sea la estrategia elegida, resulta fundamental dedicar el tiempo suficiente a este “inicio de curso” y al establecimiento de un nuevo clima.

Para terminar, en el caso de que en el currículo de la asignatura no haya previsto ningún tema inicial sobre las características de la actividad científica, se puede plantear una actividad que, conectando con lo que hemos visto en esta introducción al curso, permita una cierta discusión inicial acerca de la naturaleza de la ciencia, en la que se irá profundizando a lo largo del curso.

Propuesta de trabajo

Concibamos alguna actividad sencilla para los estudiantes que permita

questionar y salir al paso de las visiones deformadas y empobrecidas de

la actividad científica y tecnológica.

Se puede proponer, por ejemplo, que dibujen una situación representativa de la actividad científica, o bien que elaboren un diagrama de un proceso de investigación, o que indiquen las características más relevantes del trabajo científico, etc. Cualquiera de estas actividades ayuda a sacar a la luz las concepciones de los estudiantes y puede dar pie a una reflexión y discusión que permite que los profesores, apoyándonos en las contribuciones más positivas, reforcemos una visión más rica de la actividad científica, que es la que se potenciará e irá profundizándose a lo largo del curso. Puede ser conveniente, incluso, proporcionar después algún dibujo más completo o algún diagrama o breve texto como los que hemos utilizado en el capítulo 2.

Esto es lo mínimo que conviene hacer, en el caso, repetimos, de que no haya un tema especial sobre la naturaleza de la actividad científica que permita salir al paso de las visiones distorsionadas de la ciencia y la tecnología.

Por último, antes de que el profesor presente con algún detalle el contenido de la asignatura, conviene que los equipos conciban preguntas que consideren de interés,

relacionadas con la temática de la asignatura. Se trata, en definitiva, de tener presente que los conocimientos científicos son respuestas a preguntas que la comunidad científica ha ido formulándose y que tan importante o más que construir respuestas es saber formular preguntas fructíferas. Se trataría de pedirles que “formulen preguntas relacionadas con la temática del curso cuya respuesta desearían conocer”.

Esta actividad está pensada para los estudiantes, pero es importante también que, como profesores, formulemos preguntas de interés que nos ayuden a presentar el contenido del curso como tratamiento de situaciones problemáticas de interés.

Terminamos aquí esta breve reflexión acerca de cómo implicar a los estudiantes, desde el comienzo de un curso, en el marco de la necesaria renovación de la educación científica, con objeto de superar las actitudes de desinterés e incluso rechazo de muchos de ellos y generarles expectativas positivas, a la vez que comienzan a familiarizarse desde el principio con el trabajo científico.

Naturalmente, esta atención a la creación de un **clima de aula positivo** no puede limitarse al inicio del curso y exige una atención sostenida. De hecho, la importancia del clima del aula y *del centro* para el logro de un funcionamiento eficaz (es decir, para la creación de un clima favorecedor del aprendizaje de los estudiantes y de su interés por el estudio), ha sido resaltada por la investigación educativa (Rivas, 1986; Fraser, 1994). Nos detendremos ahora brevemente en analizar el papel del clima del centro en el aprendizaje.

IMPORTANCIA DEL CLIMA DEL CENTRO EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Como ya hemos señalado, el estudio del clima del aula y del centro ha sido abordado, a lo largo de las últimas décadas, por numerosas investigaciones en diferentes campos de la educación, y muy en particular de la educación científica, con numerosas aportaciones recogidas en los Handbooks publicados (Gabel, 1994; Perales y Cañal, 2000), en las que se muestra la gran influencia que dicho clima tiene en el aprendizaje de los estudiantes y en las actitudes hacia la ciencia.

Propuesta de trabajo

¿Cuáles habrían de ser las características de un centro educativo para que exista un clima favorecedor del aprendizaje de los alumnos y de su interés por el estudio?

Una cuestión como la anterior se relaciona con el origen de una línea de investigación particularmente interesante: la denominada *Effective School Research*. Nos detendremos brevemente en analizar sus resultados. Se trata de una línea de investigación que contrasta con la generalidad de las investigaciones educativas que, como sabemos, suelen partir de las dificultades, de lo que funciona mal, con el propósito de comprender las causas y concebir y ensayar soluciones. El enfoque de la *Effective School Research* (Rivas, 1986) ha sido radicalmente distinto, ya que ha consistido en buscar un número suficiente de centros en los que la enseñanza funcione bien, es decir, en los que los estudiantes y profesores se sientan a gusto, en los que los estudiantes salgan bien preparados y con deseos de proseguir estudios superiores, etc., y ver qué es lo que caracteriza dichos centros.

Los resultados de más de veinte años de investigación en torno a las escuelas eficaces permiten referirse a las siguientes características de las mismas:

- Las **altas expectativas** que los profesores de dichos centros poseen y transmiten a sus alumnos. Puede ser interesante aquí recordar muchas otras investigaciones a las que ya nos hemos referido en este módulo, como la de Spear (1984) y otras similares, incluyendo el “efecto Pigmalión” (Rosenthal y Jacobson, 1968).
- El aprovechamiento óptimo del tiempo escolar de aprendizaje, entendiendo por tal el que corresponde a una activa **implicación del alumno** en las tareas, siempre que éstas estén programadas para producir una notoria proporción de éxitos.
- El **seguimiento continuo del trabajo** de los estudiantes, y la retroalimentación que los profesores proporcionan de las tareas realizadas, siempre desde la óptica de una valoración positiva, de una ayuda al progreso.
- Un **ambiente ordenado y distendido de disciplina compartida**, más próximo al clima de un centro de investigación que al de esas aulas en las que se percibe “una atmósfera de control (...) que el profesor mantiene con grandes y deliberados esfuerzos” (Ausubel, 1968), como corresponde a una situación de “trabajos forzados”...

En esencia, todos estos factores se refieren al clima del aula y resultan coherentes, como podemos apreciar, con las orientaciones del modelo de aprendizaje de las ciencias como investigación dirigida al que nos venimos refiriendo. Algunos de dichos factores, como el ambiente ordenado de trabajo, la autodisciplina compartida, etc., son igualmente válidos en lo que se refiere al clima del centro, pero, como es lógico, éste tiene sus exigencias propias que son también resaltadas por la Effective School Research y que resultan coherentes con lo visto hasta aquí acerca de la importancia de la dimensión axiológica en el aprendizaje de las ciencias.

- La existencia de un proyecto de centro, elaborado con la participación de los estudiantes y toda la comunidad educativa. Se trata de establecer un conjunto limitado de objetivos básicos, bien definidos y alcanzables, sobre los que se concentran los esfuerzos de todos los miembros de la comunidad escolar.
- En estrecha relación con el punto anterior destaca la participación del profesorado de las escuelas eficaces en tareas de (auto)formación permanente y su implicación en innovaciones e investigaciones educativas. Los profesores adquirimos así las características de “investigadores en la acción” que realizamos un trabajo abierto, creativo y relevante, lo que permite superar el clima de frustración que en ocasiones acompaña a la actividad docente, así como las expectativas sociales en torno a quiénes pueden o no recibir una educación científica.

Se cierra así el círculo de una serie de factores claramente interdependientes. Porque, ¿cómo podría pensarse que el aprendizaje de los alumnos tenga las características de una investigación, si la dirección de ese trabajo no constituye para nosotros los profesores una actividad creativa?

Es ahora, contando con la existencia de un clima que favorezca desde el principio la implicación de los estudiantes en las tareas que se van a iniciar, despertando su interés hacia las mismas, cuando podemos abordar el “cómo empezar” el estudio de una problemática concreta.

CÓMO EMPEZAR EL TRATAMIENTO DE UN TEMA

El desarrollo del capítulo 2 nos permitió cuestionar las visiones deformadas y empobrecidas de la ciencia y comprender, por tanto, la necesidad de una profunda reorientación de las actividades de aprendizaje de las ciencias para contribuir a una visión más adecuada de la ciencia y la tecnología, que permita aumentar el interés de los estudiantes y favorecer su aprendizaje. Teniendo esto presente, nos plantearemos ahora cómo empezar un tema, considerando qué actividades se deberían contemplar al comienzo de una unidad didáctica concreta.

Propuesta de trabajo

¿Qué actividades deberíamos plantear a los estudiantes, al iniciar un tema, para orientar el aprendizaje como una investigación?

Podemos remitirnos a las consideraciones generales que realizamos en el capítulo 2, y que quedan resumidas en el cuadro 1, donde, entre otros aspectos relativos al modelo propuesto, insistíamos en la necesidad de evitar las introducciones arbitrarias y de plantear la necesaria reflexión acerca del interés de las situaciones que se van a estudiar, para dar sentido a su estudio *desde el primer momento*. Concretamente hacíamos referencia a la necesidad de:

- **Proponer situaciones problemáticas abiertas**, con objeto de que los estudiantes puedan tomar decisiones para precisarlas y familiarizarse así con lo que supone la formulación de problemas concretos.
- Plantear una **reflexión sobre el posible interés** de las situaciones propuestas, que dé sentido a su estudio, relacionándolo con el resto del programa y, muy en particular, considerando ya desde el principio sus posibles **implicaciones CTSA**.
- Realizar un **análisis cualitativo** significativo, a la luz de los conocimientos disponibles, del interés del problema, etc. con el fin de ayudar a comprender y a acotar las situaciones planteadas.

Quizás lo primero a indicar, con relación a estas propuestas, es que no estamos haciendo referencia a tres tipos distintos de actividades a realizar más o menos secuencialmente, muy al contrario, queremos señalar que la participación de los estudiantes en la construcción de los conocimientos ha de partir, de forma similar a como ocurre en la actividad científica propiamente dicha, de su enfrentamiento a *situaciones problemáticas*. Unas situaciones *confusas* que exigen un tratamiento inicial fundamentalmente cualitativo, en el que se entrelazan las consideraciones acerca del posible interés e implicaciones de su estudio, la búsqueda de información pertinente, la construcción de una concepción preliminar de la tarea, la adopción de criterios para simplificarla y hacerla abordable, etc. No es posible separar estos distintos aspectos, que contribuyen a transformar las situaciones problemáticas de partida en problemas concretos que resulte posible y merezca la pena investigar. Pero este carácter inevitablemente ambiguo y confuso de las aproximaciones iniciales no debe escamotearse si no queremos transmitir una visión rígida y algorítmica de la ciencia, ni debe verse como algo negativo; al contrario, expresa la creatividad que acompaña a la *formulación* de problemas, algo tan importante o más, la construcción de soluciones.

Conviene llamar la atención sobre un aspecto a menudo olvidado en la educación científica y que está estrechamente relacionado con esta tarea de formulación de problemas. Nos referimos a la **toma de decisiones**, tanto en lo que se refiere a la conveniencia o no de realizar un determinado estudio (tomando en consideración sus posibles contribuciones, sus implicaciones, etc.) como las condiciones para poder realizarlo (simplificaciones convenientes, descomposición en subproblemas, etc.).

Muy en particular, es preciso, como señalábamos ya en el capítulo 1, contribuir a la preparación de los estudiantes para la toma de decisiones como científicos y *como futuros ciudadanos*, estimulando los planteamientos globales, la vinculación de conocimientos, la consideración de distintas opciones, etc. Es preciso no ocultar las preocupaciones sociales y de la propia comunidad científica acerca de, por ejemplo, las implicaciones de un determinado desarrollo tecnocientífico y favorecer la participación de los estudiantes en debates científicos y *éticos*, a los que tendrán que enfrentarse, insistimos, como ciudadanos y, en su caso, como científicos.

Ello permitirá salir al paso tanto de las visiones que contemplan la ciencia y la tecnología como actividades descontextualizadas y, por tanto, ajenas a toda responsabilidad, como de las que las responsabilizan, en exclusiva, del deterioro del planeta. Como afirma Daniella Tilbury (1995), “los problemas ambientales y del desarrollo no son debidos exclusivamente a factores físicos y biológicos, sino que es preciso comprender el papel jugado por los factores estéticos, sociales, económicos, políticos, históricos y culturales”. Se puede contribuir así a superar visiones simplistas sobre el papel de la ciencia y, sobre todo, a reorientar la educación hacia el logro de una sociedad sostenible, tal como Naciones Unidas y otras instituciones mundiales vienen reclamando, desde hace años, a los educadores de todas las áreas (Gil-Pérez et al., 2003). La dimensión CTSA se convierte, de este modo, en un puente entre la educación científica y la educación general de toda la ciudadanía (Solbes, Vilches y Gil-Pérez, 2001).

La ayuda del profesor es imprescindible para que los alumnos realicen toda esta compleja tarea de aproximación inicial a las situaciones problemáticas, toma de decisiones, formulación de problemas concretos, etc., orientando el trabajo de los equipos, planteando actividades adecuadas, proporcionando retroalimentación, etc. Para ello es preciso que los propios profesores adquiramos la debida preparación previa, asomándonos a la historia de la construcción de los conocimientos implicados, sus orígenes, evolución, implicaciones, etc. Ello permite conocer los problemas que dieron origen a su desarrollo (y que pueden ayudarnos a presentar las situaciones problemáticas a los alumnos), así como *por qué* la comunidad científica se implicó en su estudio, lo que nos pone en conexión, desde el primer momento, con las relaciones CTS y, más recientemente, pero todavía de forma insuficiente, CTSA (añadiendo la A de ambiente, recordemos, para expresar la creciente preocupación por las implicaciones ambientales de las actividades humanas).

En definitiva, pues, si queremos evitar las introducciones arbitrarias que suelen caracterizar una enseñanza que se limita a transmitir conceptos ya elaborados, será necesario tener en cuenta, para iniciar el estudio de un tema, la idea central de que *todo conocimiento es la respuesta a una cuestión*, a un problema (Bachelard, 1938). Se han de tener presente, pues, los orígenes de los conocimientos que se pretenden estudiar, los problemas a los que se trataba de dar respuesta y su relevancia, implicando a los estudiantes en la formulación de los mismos.

En la tercera parte de este libro hemos incluido una serie de ejemplos de temas desarrollados con esta orientación. Nos remitimos a dichos ejemplos (capítulos 10 al 15) para

mostrar cómo “problematizar” el estudio de un tema y de todo un temario (capítulo 9), algo absolutamente necesario, insistimos una vez más, para hacer participar a los estudiantes en la construcción de los conocimientos que se van a abordar, aproximando su trabajo a la propia riqueza y creatividad del trabajo científico.

Para terminar estas consideraciones acerca de cómo empezar y, más concretamente, del papel de las relaciones CTSA desde el mismo inicio del estudio de una problemática, abordaremos a continuación una cuestión que merece una cierta atención por los debates que está generando entre el profesorado y los mismos investigadores.

Propuesta de trabajo

¿Hasta qué punto la atención que se está reclamando a las relaciones

CTSA constituye un nuevo enfoque en la enseñanza de las ciencias, más

orientado a la formación ciudadana que a la preparación de científicos?

Para analizar dicha cuestión conviene realizar una breve revisión histórica del desarrollo de las propuestas de incorporar las relaciones CTSA a la educación científica. Los estudios en torno a las interacciones CTS constituyen, desde hace años, una importante línea de investigación en la didáctica de las ciencias, como pone de manifiesto la gran cantidad de trabajos, artículos y monográficos en revistas especializadas, así como las conferencias, seminarios, congresos, etc., que sobre las relaciones CTS se han desarrollado (Caamaño, 1995; Solbes y Vilches, 1997 y 2000; Marco, 2000; Martins, 2000; Membiela, 2001).

El movimiento CTS tiene un origen reivindicativo que se remonta, fundamentalmente, a los años sesenta, y la importancia de los denominados “enfoques CTS” en el ámbito de la enseñanza de las ciencias ya aparecía reconocida en los documentos de la Association for Science Education (ASE, 1979) a finales de los setenta, o de la National Science Teachers Association, que, por ejemplo, en 1982 recomendaba que los estudiantes norteamericanos recibieran formación CTS en un porcentaje del 5% de los contenidos para el nivel elemental, un 15% en los primeros niveles de secundaria y un 20% en los más altos (NSTA, 1982).

Investigaciones centradas en el estudio del desinterés de los estudiantes hacia la ciencia, en su preparación para la toma de decisiones (Aikenhead, 1985), en los cuestionamientos de las visiones descontextualizadas, tradicionales en la enseñanza de la ciencia, en los objetivos de las nuevas tendencias y propuestas curriculares recogidas en las líneas denominadas Ciencia para Todos, Alfabetización Científica, etc., han dado lugar a lo largo de todos estos años a programas y proyectos concretos en el campo de las interacciones CTS, sobre los que existe abundante bibliografía (Membiela, 2001). Dichas propuestas, que tienen en común la importancia concedida a la dimensión social de la ciencia, presentan diferentes orientaciones relacionadas con cuál puede y debe ser el papel de las interacciones CTS en la enseñanza de las ciencias.

Es necesario, sin embargo, insistir, teniendo en cuenta lo que hemos venido debatiendo hasta aquí, que no es posible concebir el papel de las interacciones CTSA sin referirnos a la globalidad de la orientación dada a la enseñanza de las ciencias. Como ya hemos visto, y tendremos oportunidad de profundizar en próximos capítulos, un modelo

de enseñanza es algo más que un conjunto de actividades o elementos yuxtapuestos e intercambiables. Como expresa Hodson (1992), “no es posible separar estos tres elementos: aprender ciencias (adquirir el conocimiento conceptual y teórico), aprender acerca de la ciencia (desarrollar una cierta comprensión de la naturaleza de la ciencia, sus métodos y sus complejas interacciones con la sociedad) y hacer ciencia (implicarse en tareas de indagación científica y adquirir cierto dominio en el tratamiento de problemas)”.

Por tanto, cuando hablamos de prestar atención a la dimensión CTSA en la enseñanza de las ciencias y de la tecnología, como elemento fundamental para la formación de ciudadanos y ciudadanas, no nos estamos refiriendo, simplemente, a añadir nuevos contenidos a los temas habituales, ni tampoco a *sustituir* el aprendizaje de “conocimientos científicos” (conceptos, teorías...) por la atención al papel social de la ciencia y la tecnología. Como hemos venido señalando en los capítulos 1 y 2, la dimensión CTSA se debe entender como parte de la *inmersión en una cultura científica y tecnológica*, aproximando el trabajo de los estudiantes a las actividades de los científicos y tecnólogos, a través del estudio de situaciones problemáticas relevantes. Y esta propuesta pretende llamar la atención sobre aspectos esenciales del trabajo científico, superando visiones reduccionistas y deformadas sobre dicha actividad que, como justificábamos en el capítulo 1, *dificultan el mismo aprendizaje conceptual* que se pretendía privilegiar. La atención a las relaciones CTSA constituye de esta forma una parte fundamental de la inmersión en la cultura científica, donde los distintos aspectos interaccionan y se apoyan mutuamente.

Con otras palabras, podemos concluir aquí que, desde nuestro punto de vista, la incorporación de las relaciones CTSA en la enseñanza de las ciencias *no constituye un enfoque distinto* que pretenda relegar la adquisición de conocimientos conceptuales o centrarse prioritariamente en las implicaciones sociales de la tecnociencia. Las relaciones CTSA constituyen una *dimensión* básica en la actividad científica que ha de aparecer vinculada al resto de dimensiones de la educación científica.

Una vez abordada, en este capítulo acerca de **cómo empezar**, la importancia de un clima favorecedor de la implicación de los estudiantes en las tareas del curso, así como las problemáticas de interés como punto de partida para un trabajo de investigación dirigida, pasaremos ahora a estudiar otras actividades básicas del proceso de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, como son, en primer lugar, las prácticas de laboratorio, que aparecen a menudo como el elemento central de las propuestas de renovación de la educación científica.

NOTA:

Este capítulo ha sido preparado originalmente para este libro.

Referencias bibliográficas en este capítulo

AIKENHEAD, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 6(4), 453-475.

ASE (1979). *Alternatives for Science Education*. Hartfield: ASE.

AUSUBEL, D. P. (1968). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas. Existe una nueva versión en la que han colaborado Novak y Hanesian: AUSUBEL D. P, NOVAK J. D. HANESIAN, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

BACHELARD, G. (1938). *La Formation de L'esprit scientifique*. Paris: Vrin.

CAAMAÑO, A. (Coord.) (1995). La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad. Monografía. *Alambique*, 3, 4-72.

FRASER, B. J. (1994). Research on classroom and school climate. En Gabel, D. L. (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: McMillan Pub Co.

GABEL, D. L. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: McMillan.

GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A., EDWARDS, M., PRAIA, J., MARQUES, L. y OLIVEIRA, T. (2003). A proposal to enrich teachers' perception of the state of the world. First results. *Environmental Education Research*, 9(1), 67-90.

HODSON, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, Vol. 14, 541-562.

MARCO, B. (2000). La alfabetización científica. En Perales, F. y Cañal, P. (Eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 141-164. Alcoy: Marfil.

MARTINS, I. (Coord.) (2000). *O Movimento CTS na Península Ibérica*. Aveiro: Universidade de Aveiro.

MEMBIELA, P. (Ed.) (2001). *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.

NSTA (1982). *Science-Technology-Society: Science education for the 1980*, Washington: NSTA.

PERALES, F. J. y CAÑAL, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Alcoy: Marfil.

RIVAS, M. (1986). Factores de eficacia escolar: una línea de investigación didáctica. *Bordón*, 264, 693-708.

ROSENTHAL, R. y JACOBSON, L. (1968). *Pygmalion in the classroom*. New Jersey: Rineheart and Winston.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386.

SOLBES, J. y VILCHES, A. (2000). La introducción de las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad en la enseñanza de las ciencias y su evolución. *Educación Química*, 11(4), 387-394.

SOLBES, J., VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2001). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. En Membiela (Ed.), *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.

SPEAR, M.G. (1984). Sex bias in science teachers' ratings of work and pupils characteristics. *European Journal of Science Education*, 6 (4), 369-377.

TILBURY, D. (1995). Environmental education for Sustainability: defining the new focus of environmental education in the 1990, *Environmental Education Research*, 1(2), 195-212.

